Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. | 3 | 51—72 | München, 1. Nov. 1963

Gliederung und Altersstellung der jurassischen und unterkretazischen Gesteine am Südrand des Wetterstein-Gebirges („Jungschichtenzone")

mit einem Beitrag zur geologischen Stellung der Ehrwaldite

Von HUBERT MILLER, München[1])

Mit 1 Tabelle und 2 Abbildungen

Zusammenfassung

Die im Gebiet der „Jungschichtenzone" östlich von Ehrwald (Tirol) aufgeschlossenen Sedimente des Juras und der Unterkreide werden beschrieben und unter kritischer Betrachtung älterer Arbeiten zum Teil neu gegliedert und altersmäßig eingestuft.

Das basische Ganggestein „Ehrwaldit" ist im Bereich einer Schwellenzone der jurassischen Geosynklinale etwa um die Zeit des mittleren Malms in meeresbodennahe Sedimente eingedrungen.

Summary

Jurassic and Cretaceous sediments ("Jungschichten") East of Ehrwald (Tyrol) are redescribed. It proved partly necessary to apply new subdivisions to this sequence of rocks, and, in addition, to date them correctly. "Ehrwaldite", a basic igneous rock, was found to intrude sediments near the sea-floor. These intrusions can be linked to sediments about Kimmeridgian in age. Its occurence coincides with a submarine elevation inside of the Jurassic geosyncline.

Inhalt

[1]) Dr. HUBERT MILLER, Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie und Mineralogie der Universität, 8 München 2, Luisenstr. 37.

Vorwort

Vorliegende Arbeit stellt einen Auszug aus meiner Dissertation dar, in der der Bau des westlichen Wetterstein- und Mieminger Gebirges nach neuen Beobachtungen dargestellt wurde. Im Laufe der Arbeiten erwies sich eine eingehende Untersuchung der zwischen beiden Gebirgen sich in Ost-West-Richtung erstreckenden schmalen „Jungschichtenzone“ — der Name wurde für diesen Streifen jurassischer und kretazischer Sedimente inmitten ausgedehnter Triaskalk-Massen erstmals von AMPFERER (1905 a, b) gebraucht — als unumgänglich.

Die Neukartierung der Jura- und Unterkreide-Sedimente beschränkte sich auf das Gebiet zwischen Ehrwald und den Issental-Köpfen. Vergleichsbegehungen führten nach Osten bis ins Leutascher Tal, nach Westen bis in die Lermooser Mulde westlich des Ehrwalder Beckens und nach Süden bis zum Nordfuß des Wannig-Kammes.

Alle Namen sind der vom Deutschen und vom Österreichischen Alpenverein herausgegebenen Karte des Wetterstein- und Mieminger Gebirges (Blatt Mitte) entnommen.

Eine ausführliche Darstellung des tektonischen Baues des Arbeitsgebietes erscheint demnächst im „Neuen Jahrbuch für Geologie und Paläontologie“.

Herrn Univ.-Doz. Dr. H.-J. SCHNEIDER danke ich herzlich für die Förderung meiner Arbeit. Herrn Dr. W. BARTHEL verdanke ich die Bestimmung der Ammoniten; Herr Dr. J. TH. GROISS unterzog sich freundlicherweise der Mühe, die zahlreichen Foraminiferenfaunen zu bestimmen.

Der Deutsche Alpenverein unterstützte die Arbeit durch die Gewährung einer namhaften Beihilfe.

A. Einleitung

In der nachfolgenden Besprechung der Sedimente wurde absichtlich nicht nach Stufen, sondern nach kartierbaren Gesteinsgruppen gegliedert, da sich ganz allgemein die auf paläontologischem Weg aus dem Gebiet der Originallokalität übertragenen Stufenbezeichnungen bekanntlich durchaus nicht immer mit kartierbaren Gesteinsgruppen („formations“ im angelsächsischen Sinn) decken. Dieses Prinzip erweist sich im alpinen Jura mit seiner lebhaften Faziesdifferenzierung als besonders günstig.

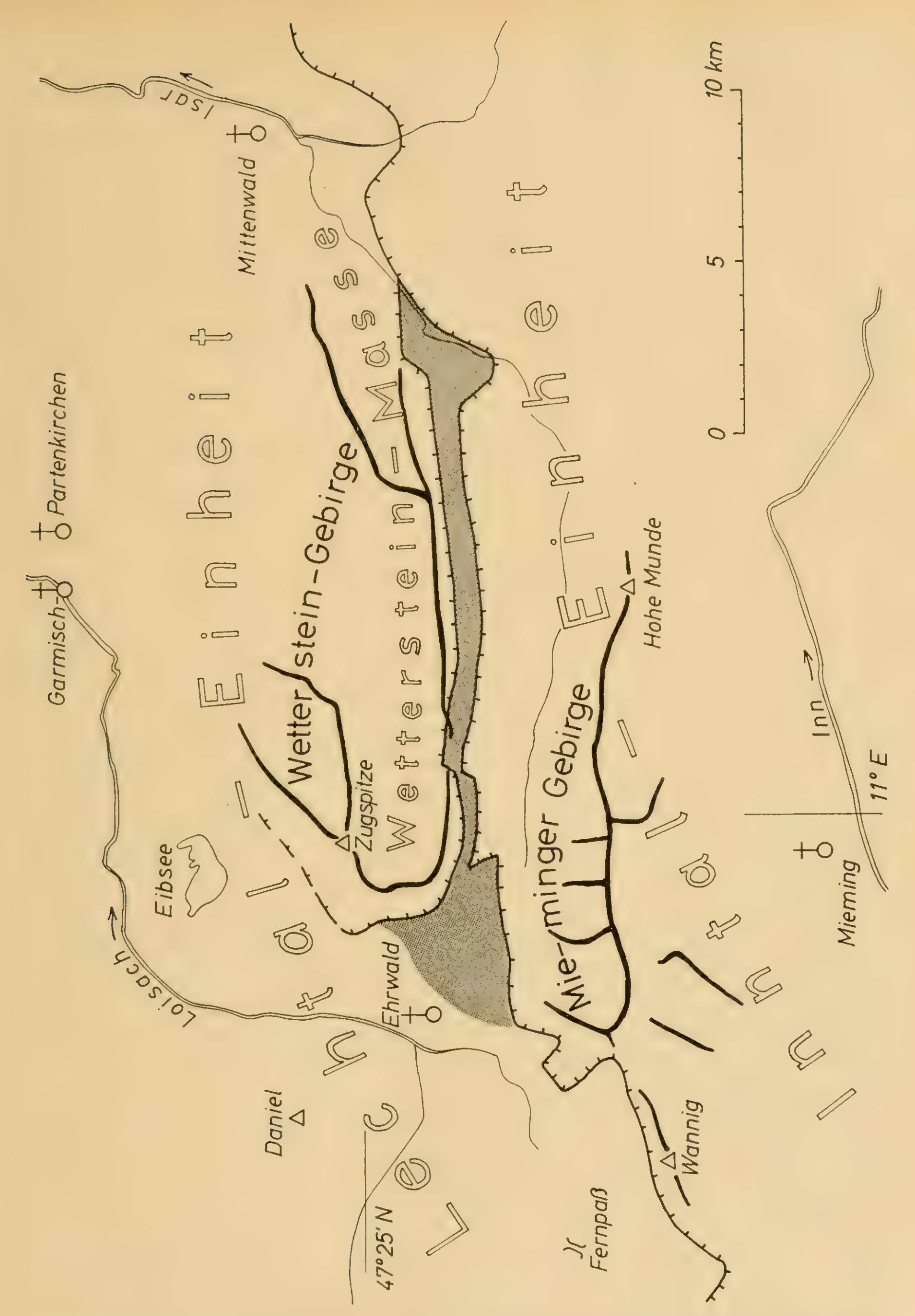


Abb. 1: Die regionale und großtektonische Lage der „Jungschichtenzone" (punktiert) zwischen Mieminger Gebirge (Inntal-Einheit) und Wettersteingebirge (Wetterstein-Masse).

Damit soll keineswegs einer Einteilung der geologischen Zeitskala nach anders als paläontologisch fundierten Gesichtspunkten das Wort geredet werden. Es dürfte aber doch feststehen, daß die organische Entwicklung, auf der unsere Zeitskala aufgebaut ist, nicht in ursächlichem Zusammenhang mit der Ausbildung der Gesteine steht (SCHINDEWOLF, 1944, 1956), und daß gerade durch die exakte Trennung von Gesteinsbeschreibung und Altersbestimmung manches Mißverständnis ausgeschaltet und die Darstellung der Schichtfolge vereinfacht wird.

Das so gewählte Einteilungsprinzip entspricht in etwa der „geognostischen Einteilung" PIAS (1930, S. 13 ff.).

Besonderer Wert wurde auch auf eine unmißverständliche Nomenklatur der Gesteinsgruppen gelegt. Dabei wurde versucht, soweit möglich auf bereits übliche Namen aufzubauen, jedoch so unklare Bezeichnungen wie z. B. „Fleckenmergel" für die Kalk/Mergel-Serie des Lias und Unterdoggers zu vermeiden.

Tabelle 1 (letzte Spalte) vermittelt einen Überblick über die Benennung und Einstufung der jurassischen Gesteine des südlichen Wettersteingebirges durch den Verfasser. Zum Vergleich sind aus dem Bereich des südlichen Wettersteingebirges sowie der Allgäuer und Ammergauer Alpen Jura-Gliederungen älterer Autoren mit aufgeführt.

B. Die Sedimente und ihr Alter

1. Adneter Kalke

Der Name „Adneter Schichten" wurde erstmals von HAUER (1853, S. 745) für die direkt „über den Schichten mit Petrefakten der Kössener Schichten" liegenden Gesteine der unten beschriebenen Fazies verwendet. Er wurde in der Folgezeit von vielen Autoren übernommen (GÜMBEL, 1856, 1861; SCHRÖDER, 1925; LEUCHS, 1927; HABER, 1934) und wird auch hier der über die fazielle Ausbildung nichts aussagenden Bezeichnung „Liasbasiskalk" vorgezogen.

Die Adneter Kalke liegen in einer Mächtigkeit bis zu 30 m zwischen Kössener Schichten und Allgäuschichten innerhalb der „Jungschichtenzone" südlich des Wettersteingebirges. Östlich der Issental-Köpfe sind sie nach ZITZLSPERGER (1960) nur stellenweise vorhanden. Ein kleines Vorkommen findet sich westlich des Marienbergjoches. Am Westrand des Ehrwalder Beckens fehlen sie.

Die Adneter Kalke bestehen vorwiegend aus grüngrauen bis roten, auch grün/rot gescheckten und geflammten, dichten, knolligen Kalken. Stellenweise treten dunkelgraue Hornsteinknauern und -schnüre auf. Untergeordnet finden sich, besonders im Liegenden der Knollenkalke, braungraue, teils etwa fleckige, hornsteinhältige Kalke, die die Knollenkalke auch seitlich vertreten können. Alle Gesteine zeigen vorzügliche Bankung im 5-cm-Bereich.

An Megafossilien finden sich zerstreut Crinoidenstielglieder. Schlecht erhaltene Ammoniten sind nördlich der Issental-Köpfe häufig. Sie konnten nur als *Arietites* sp. div. bestimmt werden. An Belemniten lag *Nannobelus acutus* (MILLER) in einem Exemplar vor.

HAHN (1911) führt aus dem Vorkommen nördlich der Issental-Köpfe eine Ammonitenfauna des Lias α—β an, aus den darüberliegenden Allgäuschichten Ammoniten des Lias γ—δ; im Vorkommen westlich der Ehrwalder Alm fand er Ammoniten des Lias α—γ, in den überlagernden Allgäuschichten solche des Lias γ—ε. Damit dürfte für das Gebiet um die Ehrwalder Alm ein Durchhalten

	Südöstliche Allgäuer Alpen JACOBSHAGEN 1959, 1961	Nördliche Allgäuer Alpen REISER 1922	Ammergauer A. ("Mergelfazies") KOCKEL, RICHT. & ST. 1931	Südrand des Wettersteingebirges ("Jungschichtenzone") REIS 1911	AMPFERER & OHNESORGE 1924	ZITZLSPERGER 1960	MILLER 1963
NEO-KOM	Aptychen-Mergel ?	Neokom-Mergel 10 - 15 m Neokom-Aptychenkalk 30-40 m	Bunte Mergel Grüne Mergel Basiskalke 150 m	Neokom	Neokom-schichten über 100 m	Neokom über 150 m	Grune Aptychen-schichten 300 m ? Biancone 0-70 m
MALM	Aptychen-Kalke ca. 200 m Bunte Aptychen-Schiefer 15 m Radiolarite 25 - 30 m	Bunter Tithonkalk u. 20 m Jura-Aptychenkalke ca. 180 m Radiolarien-schichten 3 - 20 m	graue u. weiße Aptychenschicht. 30 - 100 m Bunte Aptychenschichten 10 - 30 m Radiolarit-serie	heller, plattiger Kalk rote Hornstein-schichten grüne Hornstein-schichten Malmschichten 150 m	Aptychen-kalke Hornstein-kalke Radiolarien-schichten 100 – 150 m	Aptychen-schichten 25 m Hornstein-schichten 3 - 10 m	Bunte Aptychen-schichten 1 - 30 m Radiolarite i. eng. S. Radiolaritgruppe 3-10 m Aptychenschichten
DOGGER	Spatkalk-Schichten - 100 m Jungere Fleckenmergel - 250 m	Allgau-schichten über Doggerkalk 15 m	3 - 20 m Flecken-	Allgau-	?	? Flecken-	rote Mergel und Kalke Allgau-
LIAS	Mittl.-Flecken-mergel - 200 m Ältere Fleckenmergel ca. 1000 m Roter Unter-liaskalk - 25 m	500 m Hierlatzkalk ca 30 m Knollenkalk -25 m	mergel 10 - 200 m	schichten Rote Unterlias-Kalke	Lias-flecken-mergel Bunte Lias-kalke 10-12 m	mergel 150 - 200 m Lias-Basis-schichten 10 m	schichten 100 - 200 m Adneter Kalk - 30 m
RÄT	KÖSSENER SCHICHTEN beziehungsweise OBERRÄTKALK						

Tab. 1: Die Schichtfolge des Juras und Neokoms im Allgäu, in den Ammergauer Alpen und am Südrand des Wettersteingebirges („Jungschichtenzone“) nach verschiedenen Autoren. Kreise: Horizont durch Fossilien belegt. Halbkreise: Bestimmung unsicher.

der Adneter Fazies bis in den Lias γ hinein erwiesen sein. Ob die roten Knollenkalke auch weiter im W so hoch in den Lias reichen, ist nicht sicher; das völlige Fehlen am Westrand des Ehrwalder Beckens könnte dafür sprechen, daß sie unmittelbar östlich von Ehrwald schon nur mehr dem tiefsten Lias zugehören.

2. Allgäuschichten

Der von Gümbel (1856, S. 9: „Algäuschiefer") und Richthofen (1859, S. 109: „Algäuschichten") eingeführte, allerdings nur vereinzelt (Reis, 1911; Reiser, 1922; Zacher, 1962[2]) gebräuchliche Name „Allgäuschichten" ist unbedingt der Bezeichnung „Fleckenmergel" vorzuziehen (vgl. auch Huckriede, 1959, S. 67). Einerseits kommen Fleckenmergel auch in ganz anderen stratigraphischen Horizonten vor (neokome Fleckenmergel sind von liassischen lithologisch oft kaum zu unterscheiden!), andererseits bestehen die „Fleckenmergel" großenteils gar nicht aus fleckigen Mergeln (vgl. auch Jacobshagen, 1959).

Eine Gliederung nach der Einteilung Jacobhagens (1959) in ältere, mittlere und jüngere „Fleckenmergel" war nicht durchweg möglich.

Die Allgäuschichten der Lermooser Mulde nördlich der Bahnlinie Ehrwald—Lermoos gehören jedenfalls zum kalkreichen Typ der „Älteren Fleckenmergel". Es finden sich überwiegend hellbraune bis graue, fleckenlose bis fleckenarme Kalke, die ab und zu Hornsteinknauern führen. Nur vereinzelt treten Zwischenlagen von grünlichbraunen Mergeln auf. Das gleiche gilt für isolierte Vorkommen am Fuß des „Hohen Ganges" (Felsensteig von Ehrwald zum Seeben-See) und hinter dem Gasthof „Gaistaler Hof" bei Ehrwald.

Sicher als „jüngere Fleckenmergel" ansprechbar sind die Wechsellagen von Kalk- und Mergelbänken am Westrand der Mieminger Berge (Nordfuß des Rauhen-Kopfes und Marienbergjoch) sowie am Westrand des Wettersteingebirges (Lehngraben). Das letztgenannte Vorkommen besuchte freundlicherweise Herr Dr. V. Jacobshagen, Marburg, mit mir.

Im Bereich der „Jungschichtenzone" i. e. S. finden sich die Allgäuschichten als Kalke, Fleckenkalke, grüngraue bis graubraune Mergel und Fleckenmergel. Sie sind meistens gut gebankt. Grünrote bis feuerrote Tone scheinen an obere Horizonte gebunden zu sein, aus denen sie auch Ampferer (Ampferer & Ohnesorge, 1924, S. 30) vom Gebiet der Bleispitze westlich Lermoos beschreibt.

Die Mächtigkeit der Allgäuschichten nimmt von W nach E von über 300 m auf 100 m ab (vgl. S. 67).

Die Allgäuschichten enthalten eine reiche, aber für stratigraphische Zwecke nur bedingt brauchbare Mikrofauna.

Die Auswertung der Megafauna lieferte dagegen sehr wertvolle Anhaltspunkte für die Datierung der Allgäuschichten. An Cephalopoden fanden sich:

---

[2]) Auch Jacobshagen (1962) gebraucht den Namen jetzt.

1. Unhorizontierbar im Schutt:

   Fuciniceras sp.
   Grammoceras cf. *normannianum* (d'Orb.)
   Grammoceras sp.
   Phylloceras (*Partschiceras*) *partschi* (Stur)

2. Im Lehngraben; erster südlicher Seitengraben, 1430 m:

   Grammoceras sp.
   Arieticeras sp.

3. Im Lehngraben; Hauptgraben, 1510 m, „Jüngere Fleckenmergel", vermutlich etwa mittlere Horizonte:

   Phylloceras sp.
   Tmetoceras scissum (Benecke)
   Hammatoceras sp.

4. Im Lehngraben, an der südlichen Begrenzungsrippe des bei 1420 m abzweigenden Nebengrabens in 1680 m Höhe, ca. 200 m nordöstlich P. 1808 (AV-Karte); oberste Kalkbank unter den roten Mergeln der Radiolaritgruppe:

   Ludwigia murchisonae (Sowerby).

Aus den „mittleren jüngeren Fleckenmergeln" (graue, kleinfleckige Kalke) sind außer den Cephalopoden ein *Inoceramus* sp. und sehr schöne Weidespuren zu nennen, die in federartigen, gebogenen Streifen ganze Schichtplatten überziehen. In den „älteren Fleckenmergeln" finden sich mehr oder weniger häufig Crinoidenstielglieder.

Die Allgäuschichten sind somit altersmäßig sehr genau einzustufen.

Im Bereich der Ehrwalder Alm (Hahn, 1911) beginnen sie im Lias γ (Pliensbachien), westlich von Ehrwald, wo die Adneter Fazies fehlt, vermutlich etwa mit der Rät/Lias-Grenze.

Auch die Obergrenze der Allgäuschichten ist, was sehr selten vorkommt, exakt bestimmbar.

Hahn (1911) erwähnt Ammoniten aller Stufen vom Lias γ bis zum Lias ε aus Allgäuschichten unweit der Ehrwalder Alm. Nach Reis (1911, S. 75) reichen die Allgäuschichten bis zu den „Malmschichten" (= Radiolaritgruppe!).

Mit *Tmetoceras scissum* (Benecke) und *Ludwigia muchisonae* (Sowerby), Zonenleitformen des englischen Juras (Arkell, 1956, S. 123), ist nunmehr erstmals der sichere Nachweis von Dogger im Wettersteingebirge gelungen, dessen Anwesenheit in den Ehrwalder Allgäuschichten bereits Schröder (1925) auf Grund eines *Leioceras* sp. ind. vermutete.

Besonderen Wert erhalten die beiden Fossilfunde (die *Ludwigia* wurde auf einer gemeinsamen Begehung mit Herrn Dr. Jacobshagen entdeckt) durch die mit ihrer Hilfe mögliche Einstufung der jüngeren Fleckenmergel von Ehrwald in das untere Bajocien (Stufenumgrenzung nach Arkell, 1956). Außerdem ist durch das Vorkommen von *L. murchisonae* in der nachweisbar obersten Bank der Allgäuschichten eine exakte Altersbestimmung für die Obergrenze der Allgäuschichten gegeben: Sie enden in der Zone der *Ludwigia murchisonae*, d. h. im höheren „Dogger β". Diese Grenze gilt selbstverständlich streng

nur für die Umgebung von Ehrwald; schon im östlichen Wettersteingebirge wäre eine andere zeitliche Obergrenze durchaus möglich.

In den benachbarten Ammergauer Alpen fand beispielsweise KOCKEL (KOCKEL, RICHTER & STEINMANN, 1931, S. 58) in den „alleroberstén Fleckenmergeln" *Ludwigia concava* (BUCKM.); hier liegt die Obergrenze der Allgäuschichten also mindestens um eine Zone höher als im westlichen Wettersteingebirge. SCHRÖDER (1925) führt von mehreren Lokalitäten Ammoniten des unteren und mittleren Doggers an. BESLER (1959) konnte im Tannheimer Tal als höchste in der Fazies der Allgäuschichten ausgebildete Stufe Dogger β sicher nachweisen; REISER (1922, S. 128) beschreibt von Tannheim „*Macrocephalites typicus* BLAKE", womit gezeigt ist, daß die Allgäuschichten dort bis ins Callovien reichen können (vgl. Tab. 1).

Dies zeigt wieder mit aller Deutlichkeit, daß selbst ausgeprägteste lithologische Grenzen, wie die zwischen Allgäuschichten und Radiolaritgruppe, keineswegs über größere Entfernungen zeitkonstant sein müssen.

3. Radiolaritgruppe

Unter diesem Namen wird eine Gruppe von Radiolariten und radiolarienreichen Kalken und Mergeln zusammengefaßt, deren Hauptmerkmale die lebhaften Farben — meist rot und grün, teilweise schwarz — und der reiche Gehalt an Radiolarien sind.

Die Nomenklatur für diese klar gegen die Allgäuschichten im Liegenden und gegen die „Aptychenschichten" im Hangenden abgrenzbaren Gesteinsgruppe ist nicht einheitlich. EDER (1925), NÖTH (1926) und TRUSHEIM (1930) zählen sie zu den „Aptychenschichten". Die Mehrzahl der Autoren bezeichnen sie als „Radiolarit", „Radiolarienschichten" oder ähnlich (REISER, 1922; LEUCHS, 1927; KOCKEL, RICHTER & STEINMANN, 1931; HABER, 1934; M. RICHTER, 1937; SPENGLER, 1951; JACOBSHAGEN, 1961).

AMPFERER (1932) verwendet den Ausdruck „Bunte Hornsteinkalke", KLEBELSBERG (1935) führt die Gesteine unter dem Namen „Hornsteinschichten". TRAUTH (1950, S. 185 und Taf. 2) will für die Serie nach einem von ARLT (1911, S. 16) beschriebenen, kleinen, untypischen und stratigraphisch nicht ganz sicher einzuordnenden Vorkommen bei Ruhpolding neben der Bezeichnung „Radiolaritschichten s. str." den Namen „Ruhpoldinger Schichten" einführen.

ULRICH (1960) schlägt die Bezeichnung „Kieselkalke" vor, da — wie er schreibt — in seinem Untersuchungsgebiet keine echten Radiolarite auftreten. SCHNEIDER (1953, S. 29) erwähnt dagegen vom Arnspitzstock nach mikroskopischem Befund ein kleines Vorkommen von „Radiolariten".

Ich folge in der Nomenklatur GRUNAU (1959), der unter „Radiolaritgruppe" nicht nur Radiolarite i. e. S. versteht, sondern mit diesen vergesellschaftete radiolarienreiche Kalke und Mergel unter diesem Begriff mit erfaßt.

Im Untersuchungsgebiet treten fast durchweg zuunterst ein bis mehrere Meter dunkelroter, radiolarienreicher Mergel und hellgraugrün/dunkelrot gescheckter Kalke auf. Die roten Mergel dürften den „Bunten Mergeln" der Karwendelmulde (ULRICH, 1960, S. 106) entsprechen. Darüber folgen in wechselnder

Mächtigkeit graugrüne und rote Radiolarite (echte Radiolarite im Sinne kalkarmer, radiolarienreicher Kieselgesteine (CORNELIUS, 1951, S. 216; NIGGLI, 1952, S. 362 ff.; ULRICH, 1960, S. 108)).

Die Gesamtmächtigkeit der Radiolaritgruppe schwankt von 3 bis 10 m. Bezüglich genauer Mächtigkeitsangaben sei auf Abb. 2 verwiesen.

Eine Schlämmprobe aus den roten Mergeln an der Basis der Serie lieferte außer Crinoidenstielgliedern, Seeigelstacheln, Ostracoden und Radiolarien eine Formaminiferen-Fauna folgender Zusammensetzung:

Nodosaria sp.
Lenticulina nautiloides (BORNEMANN)
Lenticulina aff. *gottingensis* (BORNEMANN)
Lenticulina acutiangulata (TERQUEM)
Lenticulina aff. *incisa* (TERQUEM)
Lenticulina aff. *metensis* (TERQUEM)
Involutina sp.

Das Alter der fast überall megafossilleeren Radiolaritgruppe wird von den einzelnen Autoren verschieden angegeben (vgl. Tab. 1).

Im Untersuchungsgebiet beginnt die Serie vermutlich im mittleren Bajocien, da die Allgäuschichten in der Zone der *Ludwigia murchisonae* (= unteres Bajocien nach ARKELL, 1956) enden.

Der stellenweise zu beobachtende, gleitende Übergang aus den grünlichen Mergeln der Allgäuschichten in die roten der Radiolaritgruppe spricht gegen eine größere Sedimentationslücke zwischen beiden Gesteinsgruppen.

Die roten Mergel an der Basis der Radiolarite werden v. a. deshalb zur Radiolaritgruppe und nicht zu den Allgäuschichten gestellt, weil sie, ebenso wie die Radiolarite im engeren Sinn, eine typische Mangelsedimentation dokumentieren. Sie scheinen nämlich zusammen mit den erwähnten gescheckten Kalken in ihrer Mächtigkeit von wenigen Metern den gesamten mittleren und Teile des oberen Doggers zu repräsentieren.

Die Radiolarite i. e. S. dürften nach den Angaben REISERS (1922) und QUENSTEDTS (1951) sowie nach neueren Diplomarbeiten der geologischen Institute der Universität München im wesentlichen dem tieferen bis mittleren Malm zuzuordnen sein. Sie beginnen vermutlich im hohen Dogger und reichen bis ins Kimmeridge hinein.

In meiner Dissertation (MILLER, 1962a) vermutete ich die Grenze Radiolaritgruppe/Bunte Aptychenschichten im unteren Malm, also wohl um eine Kleinigkeit zu tief. Auf diesen Fehler, den ich hiermit verbessern möchte, wurde ich durch einen Briefwechsel mit Herrn Dr. JACOBSHAGEN, Marburg, aufmerksam. Leider beruht auch die neue Grenzziehung wegen des Mangels an Fossilien nur auf einer Parallelisierung mit Nachbargebieten.

4. Aptychenschichten

Unter diesem Sammelnamen werden, wie allgemein üblich, Gesteine — vorwiegend Kalke und Mergel — zusammengefaßt, deren hervortretende Be-

sonderheit der Reichtum an Aptychen darstellt, während andere Megafossilien nur sehr selten zu finden sind.

Die Aptychenschichten lassen sich vorzüglich in drei Teile gliedern, nämlich

Grüne Aptychenschichten (oben),
Biancone-Kalk,
Bunte Aptychenschichten (unten).

Die Dreigliederung wird in der Literatur selten exakt durchgeführt. Oft werden nur „Malm-Aptychenschichten" und „Neokom-Aptychenschichten" getrennt (die nach lithologischen Gesichtspunkten erfolgende Aufteilung entspricht aber durchaus nicht immer der Jura/Kreide-Grenze!). Viele Autoren bezeichnen nur die tieferen Teile (hier „Bunte Aptychenschichten" und „Biancone") als Aptychenschichten oder -kalke, während die jüngeren Partien (hier „Grüne Aptychenschichten") meist einfach als „Neokom" geführt werden.

Eine ähnliche Dreiteilung ist bisher nur von M. Richter (Kockel, Richter & Steinmann, 1931, S. 66) und Jacobshagen (1961, S. 157) durchgeführt worden (vgl. Tab. 1).

a) Bunte Aptychenschichten

Der Name erscheint bereits bei M. Richter (Kockel, Richter & Steinmann, 1931, S. 66). Jacobshagen (1961, S. 157) schreibt „Bunte Aptychen-Schiefer".

Die Bunten Aptychenschichten gehen aus den Radiolariten schrittweise durch Abnahme des Kieselsäuregehalts hervor. Charakteristisch sind rote und rot/grün-, auch rot/weiß-geflammte Kalke und Mergel, die oft knollig und meist gut (cm- bis dm-) gebankt sind. Hornsteinkonkretionen sind nicht selten.

In der Schichtserie wurden gefunden:
Lamellaptychus rectecostatus (Pet.) und
Lamellaptychus cf. *beyrichi* (Opp.).

L. beyrichi kommt erst ab Kimmeridge vor (Trauth, 1938). Die vermutlich im mittleren Malm (vgl. Radiolaritgruppe) einsetzenden Bunten Aptychenschichten reichen bis ins Obertithon (vgl. Biancone-Kalk, s. unten). Ihre Mächtigkeit schwankt von 1 m bis etwa 30 m (vgl. Abb. 2).

b) Biancone-Kalk

Über den Bunten Aptychenschichten folgen in fast allen Aufschlüssen bis zu 70 m eines hellgrüngrauen bis fast weißen, an einzelnen Stellen auch weiß/rot gefleckten Kalkes. Von der Oberfläche und von Schichtflächen aus wittert er bis in eine Tiefe von mehreren cm braungelb an. Der dichte, scherbig brechende Kalk zeigt gute Bankung im cm- bis dm-Bereich. Stellenweise schalten sich Partien reinweißer dünnplattiger Kalke ein, die sehr an „lithographische Kalke" erinnern (vgl. auch Reis, 1911, S. 75). Undeutliche kleine, schwarze Flecken und dunkle Suturen sind nicht selten, ebenso — besonders in unteren Partien — bis zu dm-große Hornsteinlinsen.

U. d. M. erkennt man in einer Grundmasse aus feinstkörnigem Karbonat zahlreiche Querschnitte von Radiolarien, Calpionelliden und Kleinstfossilien wie u. a. *Nannoconus steinmanni* KAMPTNER; zerstreut finden sich winzige, eckige Quarz- und Pyritkörner. Die Radiolarien (überwiegend Spumellarien, selten Nasselarien) sind fast stets karbonatisiert, nur sehr selten von feinkörnigem Quarz ausgefüllt, ein wesentlicher Gegensatz zu den meist kieseligen Radiolarien der Radiolaritgruppe.

Nach dem spärlichen Vorkommen von Aptychen wurde dieses Gestein meist als Aptychenschichten (EDER, 1925; NÖTH, 1926; LEUCHS, 1927; HABER, 1934; KLEBELSBERG, 1935), Aptychenkalke (AMPFERER, 1924, 1932; SPENGLER, 1951; HUCKRIEDE, 1959; ULRICH, 1960; JACOBSHAGEN, 1961) oder Jura-Aptychenkalke (REISER, 1922) beschrieben.

TRAUTH (1950, S. 185 und Taf. 2) bezeichnete die Kalke dieser Fazies als „Aptychenschichten s. str." oder, nach der Lokalität bei Hallein, als „Oberalm-Schichten".

Der von der Mehrheit der Autoren verwendete Name „Aptychenkalk" ist nicht ganz eindeutig, da aptychenführende Kalke auch in tieferen und höheren Horizonten („Bunte" und „Grüne" Aptychenschichten) vorkommen.

M. RICHTER (KOCKEL, RICHTER & STEINMANN, 1931, S. 65; RICHTER, 1937) spricht von den hellen Kalken als von Gesteinen, „die dem Biancone der Südalpen makro- und mikroskopisch vollkommen gleichen".

Eine Gegenüberstellung mit den Tessiner und oberitalienischen Bianconeprofilen GRUNAUS (1959) bestätigt die große lithologische Ähnlichkeit der beschriebenen nordalpinen Gesteine mit dem Biancone der Südalpen. Auch stratigraphisch (s. u.) entsprechen sich beide Gesteine recht genau.

Es wird daher vorgeschlagen, für die hellen, dichten, wohlgebankten Kalke, die in den nördlichen Kalkalpen an vielen Stellen zwischen den jurassischen bunten Radiolariten, Kieselkalken, Kalken und Mergeln einerseits und den meist neokomen, grünen Mergelserien andererseits eingeschaltet sind, grundsätzlich den Namen „Biancone-Kalk" oder kurz „Biancone" zu verwenden. Eine Übertragung von Gesteinsnamen aus den Südalpen in die Nordalpen oder umgekehrt ist durchaus üblich (z. B. Raibler Schichten, Dachsteinkalk) und hat noch nie zu Mißverständnissen Anlaß gegeben.

Die Mächtigkeit des Biancone schwankt im Untersuchungsgebiet zwischen 0 und 70 m (vgl. Abb. 2).

An Megafossilien kommen zerstreut, aber nicht gerade häufig Aptychen vor. Bestimmt werden konnten

Punctaptychus punctatus (VOLTZ) und
Lamellaptychus rectecostatus (PET.).

Wesentlich seltener sind Ammoniten. Ein relativ gut erhaltenes, im Schutt gefundenes Exemplar bestimmte Herr Dr. W. BARTHEL als

Berriasella paramacilenta MAZENOT.

Nach der in Dünnschliffen massenhaft nachweisbaren Mikrofauna (v. a. Calpionelliden; Herrn Dr. K. DOBEN, München, sei für die Bestimmung vielmals gedankt) ist eine exakte Einstufung des Biancone-Kalkes möglich. Er beginnt im Untersuchungsgebiet im hohen Obertithon und reicht im NW (Lehngraben) sicher bis ins mittlere Berrias.

Meist wird das hier „Biancone-Kalk" genannte Gestein als tithonisch angesehen. Aus der Mikrofauna — erstes, spärliches Auftreten von *Tintinnopsella carpathica* (MURGEANU & FILIPESCU) neben *Calpionella alpina* LORENZ — eines Schliffes aus einer nur 5 m über der Untergrenze des Biancone-Kalkes vom Lehngraben (Mächtigkeit hier 70 m) entnommenen Probe ist jedoch zu entnehmen, daß diese Fazies im Wettersteingebirge erst im hohen Obertithon beginnt.

In Gebieten, in denen typische Biancone-Kalke fehlen (nördlich des Rauhen-Kopfes, S-Seite der Issental-Köpfe), beginnt die kalkärmere Fazies der grünen „Neokom-Aptychenschichten" vielleicht schon im Tithon (vgl. S. 63).

c) Grüne Aptychenschichten

Über dem Biancone bzw., wo dieser fehlt, über Bunten Aptychenschichten folgt eine eintönige, mehrere 100 m mächtige Serie von Mergeln und tonigen Kalken, für die bisher kein eigener Gesteinsname gebräuchlich war. Sie wurden fast allgemein als „Neokom" beschrieben; M. RICHTER (1937) verwendet die Bezeichnung „Neokom-Aptychenschichten", JACOBSHAGEN (1961) schreibt „Aptychenmergel".

Die Gesteine dieser Serie können den Allgäuschichten manchmal zum Verwechseln ähnlich werden. Grüne Farbtöne (im Gegensatz zu den meist mehr grauen der Allgäuschichten) sind aber häufig ein recht charakteristisches Unterscheidungsmerkmal. Die nicht seltenen dunklen Flecken wirken fast immer wie „verschmiert", was bei den Flecken der Allgäuschichten kaum vorkommt. Typisch sind die zahlreichen rostroten limonitischen Ausfüllungen von Bohrröhren und Fossilabdrücken. In Zweifelsfällen hilft, wo Megafossilien fehlen, nur das Ausschlämmen von Proben und Auslesen nach Foraminiferen, die meist auch in brauchbaren Exemplaren vorhanden sind.

Häufig ist eine unregelmäßige Wechsellagerung (dm-Bereich) von grünbraunen, fleckigen, tonigen Kalken und grünen, braunstichigen Mergeln zu beobachten. Die tiefsten Teile der Serie nehmen oft paketweise rötliche Färbung an. Etwa 60 bis 80 m über der Untergrenze sind mehrere dm-mächtige Psammitbänke eingeschaltet, auf deren Schichtflächen nicht selten Pflanzenhäcksel zu finden ist.

Ein Dünnschliff eines solchen Sandsteines zeigt in reichlich karbonatischem Bindemittel eckige Quarzkörner; untergeordnet kommen Plagioklase (ca. An_{25}) und Pyrit, selten Biotit und Muskovit vor.

In der Nähe bedeutender Überschiebungen sind die grünen Aptychenschichten stark verschiefert und eng verfältelt. Unmittelbar unter der Wetterstein-Überschiebung (MILLER, 1962b, 1963) nehmen sie an Festigkeit zu und zeigen bunte Verfärbungen, so daß es oft nicht leicht ist, zu entscheiden, ob zwischen Trias und Neokom ein Span aus Biancone eingeschuppt ist (Lehngraben-Ende) oder ob nur veränderte Neokommergel vorliegen.

Ammoniten und insbesondere Aptychen sind außer einem sehr zerdrückten Seeigel die einzigen Megafossilfunde. Sie stammen großenteils nicht aus dem Anstehenden.

Bei den Aptychen handelt es sich um

Lamellaptychus mortilleti (PICT. & LOR.)
Lamellaptychus mortilleti longa TRAUTH
Lamellaptychus seranonis (COQU.)
Lamellaptychus didayi (COQU.)
Lamellaptychus angulo-didayi TRAUTH.

Die Ammoniten bestimmte Herr Dr. W. BARTHEL als

Neocomites sp.
Olcostephanus sp.
Virgatosphinctes (?) aus der Gruppe des *V.* (?) *transitorius* (OPP.).

Aus der Aptychenfauna geht nur hervor, daß mit Sicherheit Valendis in der Mergel-Serie vertreten ist. Nach der Calpionelliden-Vergesellschaftung beginnen die Grünen Aptychenschichten schon im mittleren Berrias.

Der wegen der schlechten Erhaltung nur unsicher bestimmbare *Virgatosphinctes* aus grüngrauen, tonigen Kalken vom SW-Fuß der Issental-Köpfe zeigt, daß die „typisch neokomen" Gesteine bei fehlendem Biancone (vgl. S. 62) vielleicht bereits im Tithon beginnen, oder mit anderen Worten, daß die Einschwemmung feinklastischen Fremdmaterials bereichsweise schon präneokom erfolgte.

Die Mächtigkeit der Grünen Aptychenschichten beträgt wahrscheinlich über 300 m.

C. Die geologische Stellung der Ehrwaldite

Aus den „Hornsteinschichten" des Wettersteinsüd- und -westrandes sind seit PICHLER (1866), AMPFERER (1905b) und REIS (1911) mehrere Vorkommen eines basischen Ganggesteins bekannt. Die Neukartierungen der letzten Jahre (BÖGEL, 1958; ZITZLSPERGER, 1960) konnten die Aufschlußzahl wesentlich vermehren; auch im eigenen Kartierungsgebiet wurden neue Vorkommen entdeckt.

Eine eingehende mineralogisch-petrographische Untersuchung des von PICHLER (1875) „Ehrwaldit" benannten Ganggesteins wurde soeben von TROMMSDORFF (1962) fertiggestellt. Daher soll hier, nach kurzgefaßter Gesteinsbeschreibung, hauptsächlich auf die geologisch-stratigraphische Stellung des Eruptivgesteins eingegangen werden, da ich diesbezüglich grundsätzlich anderer Meinung als TROMMSDORFF bin.

1. Mineralbestand

Die Bezeichnung „Ehrwaldit" umfaßt mehrere Gesteinstypen. SCHUSTER (REIS, 1911, S. 82 f.) unterschied eine „porphyrische" und eine „mandelhaltige" Ausbildungsform. CATHREIN (1890) fand in allen von ihm untersuchten Schliffen weitgehend in Bastit umgewandelte rhombische Pyroxene, während SCHUSTER nur Klinaugite feststellen konnte. Somit scheint eine dritte Art von Ehrwaldit zu existieren. Auch starke Schwankungen im Hornblende- und Biotitgehalt wurden bemerkt. So enthält das „Originalgestein" nach TRÖGER (1935) 15% Biotit, aber keine Hornblende, die sonst von allen Autoren erwähnt wird. Gemeinsam ist allen Typen das völlige Fehlen von Feldspäten. Nach den neuen Untersuchungen TROMMSDORFFS (1962, S. 299) beruht die Typendifferenzierung „hauptsächlich auf dem Augit-Hornblende-Verhältnis sowie auf dem Biotitgehalt".

Die von mir näher untersuchten Ehrwaldite der Umgebung von Ehrwald (Lehngraben) entsprechen mehr oder weniger der „porphyrischen Ausbildungsform" nach SCHUSTER (REIS, 1911) bzw. dem Typus I nach TROMMSDORFF (1962).

Der primäre Mineralbestand setzt sich im wesentlichen zusammen aus Titanaugiten und braunen Hornblenden, zerstreut finden sich schon weitgehend serpentinisierte Olivine, ferner Biotitblättchen und Apatitleisten. Das Gestein ist durchstäubt von kleinen Erzkörnern. An Neubildungen finden sich Serpentin, Chlorite und Faserzeolithe. Sie sind vermutlich aus der in den untersuchten Schliffen nicht mehr wahrnehmbaren Glasbasis entstanden. Auffallend ist die Abwesenheit von Feldspäten.

Die Augite treten in zwei Phasen auf:

1. Mm-große (manchmal bis cm-große), titanreiche Kristalle mit deutlichem Zonar- und Sanduhrbau sowie kräftiger Auslöschungsdispersion;

2. kleinere, oft sternförmig zusammentretende, titanärmere Kriställchen mit nur schwachem Violett-Ton und geringer Achsendispersion.

Die unter (1) genannten großen Titanaugite zeigen randlich Korrosionserscheinungen. Sie sind vermutlich in einer früheren Kristallisationsphase entstanden als die nur kurz vor den frischen Hornblenden gebildeten, unter (2) beschriebenen Kriställchen.

2. Vorkommen

Im vom Verfasser neu kartierten Gebiet zwischen Ehrwald und den Issental-Köpfen konnte der Ehrwaldit an vier Stellen im Radiolarit, wenige Meter über den Allgäuschichten, festgestellt werden.

Ein besonders gut aufgeschlossener Lagergang fand sich etwa 1 m unter roten Mergeln der Radiolaritgruppe in den Allgäuschichten südlich des Lehngrabens. Das Vorkommen von Ehrwaldit in Allgäuschichten war vom Wettersteingebirge bisher unbekannt. Der neu entdeckte, bis zu 2 m mächtige Gang läßt sich auf eine Erstreckung von etwa 80 m schichtkonkordant verfolgen.

Zwei der Aufschlüsse innerhalb der Radiolarite sind etwa quadratmetergroß, sie sind ebenfalls Lagergänge. Die übrigen Vorkommen des Kartierungsgebietes wurden nur durch Lesesteine nachgewiesen. Erwähnt muß das Auftreten von Ehrwaldit im Jura-Vorkommen des Max-Braun-Stollens (Schachtkopf-Bergbau) werden (AMPFERER & OHNESORGE, 1924, S. 23).

Auch östlich der Issental-Köpfe findet sich der größte Teil der Ehrwaldite in den tieferen Horizonten der Radiolarite. Im Karwendel sind außerdem mehrere Vorkommen ehrwalditähnlicher Gesteine aus den Kössener Schichten und den Allgäuschichten bekannt (M. RICHTER, 1928; MUTSCHLECHNER, 1954; TROMMSDORFF, 1962).

ZITZLSPERGER beschrieb 1960 vom Südfuß des Wetterstein-Gebirges insgesamt vier Vorkommen im Kontakt mit Gesteinen neokomen Alters.

3. Das Alter der Ehrwaldite nach älteren Autoren

Die meisten älteren Autoren gaben den Ehrwalditen kretazisches oder tertiäres Alter und brachten ihre Intrusion in Zusammenhang mit der alpidischen Tektonik.

Cathrein (1890) stellt den Ehrwaldit in die Gruppe der Basalte, speziell der Augitite, und vermutet daher tertiäres Alter der Intrusion.

Ampferer (1905 b, S. 555; 1914, S. 341) brachte die Ehrwalditintrusionen mit Vertikalbewegungen der „Wettersteinscholle" bzw. Jungschichtenzone in Zusammenhang, die als Zerrungserscheinungen das Aufsteigen des Magmas begünstigt hätten. Auch Mutschlechner (1954, S. 393 f.) vermutete im Raum zwischen Ehrwald und Schwaz einen Zusammenhang der „magmatischen Tätigkeit mit der Gebirgsbildung".

Reis (1911, S. 82) setzte „eine erste nicht geringe Zusammenfaltung" vor der Intrusion voraus, in der Annahme, die Schmelze sei in die bereits gefältelten und „aufgeblätterten" Hornsteinschichten besonders leicht eingedrungen.

Haber (1934, S. 83) nimmt für die Ehrwalditintrusion kretazisches Alter an; die Ehrwaldite müßten nach seiner Meinung vor der ersten größeren Faltungsphase eingedrungen sein, da sie bereits mitverfaltet seien.

Cornelius (1941) gibt den Ehrwalditen jurassisches Alter und leitet sie von „initialen" Magmen ab.

Die nach ihrer Meinung echten Intrusionskontakte von Ehrwaldit mit Gesteinen neokomen Alters und die Tatsache, daß die Ehrwalditvorkommen mitverfaltet sind, führten Zitzlsperger (1960) und Bögel (1960) zum Schluß, daß die Ehrwalditintrusionen einerseits postneokom, andererseits prä-oberkretazisch stattgefunden haben müßten, also wohl in der höheren Unterkreide.

Trommsdorff (1962) legt ebenfalls größten Wert auf die neuen Funde von Ehrwaldit im „Neokom" und ist sich daher sicher, daß alle Ehrwaldite postneokom aufgestiegen seien. Er vermutet, daß die Ehrwaldite während der Gebirgsbildung aufdrangen und rechnet sie dem „synorogenen Magmatismus" zu. „Der Magmaaufstieg geschah in einer offenbar tektonisch geeigneten Zone" (Trommsdorff, 1962, S. 323).

4. Gründe für die Annahme jurassischen Alters

Die eigenen Untersuchungen zeigten nun, daß die Intrusion der Ehrwaldite sehr bald nach der Ablagerung ihres Nebengesteins stattgefunden haben muß, also jurassischen Alters ist.

Das „postjurassische Alter" der vier von Zitzlsperger angeführten und z. T. durch Trommsdorff übernommenen „Ehrwaldite im Neokom" ist keineswegs eindeutig belegbar.

Es würde an dieser Stelle zu weit führen, die Aufschlüsse von Ehrwalditen im „Neokom" einzeln aufzuführen und die Gründe jeweils anzugeben, die eine spätere tektonische Anschleppung an die „Grünen Aptychenschichten" mindestens ebenso wahrscheinlich machen, wie eine ursprüngliche Intrusion in Unterkreidegesteine (vgl. Miller, 1962a).

Selbst wenn tatsächlich einige Vorkommen primär im „Neokom" steckten und daher sicher postneokom eingedrungen wären (es sind bei Trommsdorff 2 von 47!), so muß dennoch wenigstens für die Mehrzahl der Ehr-

walditvorkommen jurassisches Intrusionsalter angenommen werden. Für diese Behauptung sind vor allem folgende Gründe maßgebend:

a) Bei der Annahme „syntektonischer“ Intrusion (Ampferer, 1905b, 1914; Reis, 1911; Mutschlechner, 1954; Trommsdorff, 1962) bleibt unverständlich, wieso in den die ehrwalditführenden Radiolarite überlagernden, sich mechanisch gleich verhaltenden Bianconekalken keine Ehrwaldite zu finden sind. Die einfachste Erklärung hierfür ist, daß die Intrusion vor der Ablagerung dieser Schichten, d. h. prä-obertithonisch erfolgte.

b) Prätektonische Intrusion der Ehrwaldite ist auch allein dadurch wahrscheinlich gemacht, daß, wie bereits Haber (1934, S. 83) und Bögel (1960) bemerkten, die Ehrwalditvorkommen streng dem Faltenbau folgen. Besonders deutlich wird dies beim „Lehngrabensattel“ (Miller, 1963).

c) An einem metergroßen Block im Bett des Lehngrabens konnte intensive Verflaserung und gegenseitige Durchdringung von Ehrwaldit und Nebengestein beobachtet werden. Die Erscheinung ist kaum anders zu erklären als durch die Annahme eines Eindringens des Ehrwaldits in noch wenig verfestigtes, plastisches Sediment. Damit ist wahrscheinlich gemacht, daß die Intrusion kurz nach der Entstehung des Nebengesteins, also noch im Jura vor sich ging.

d) Dhein (1944, S. 193) führt aus „Malm-Aptychenschichten“ vom Engelstein bei Marquartstein südlich des Chiemsees ein Tuffitvorkommen an, dessen genaues Alter Doben (1962, S. 67) als mitteltithonisch bestimmen konnte. Dieser Fund bildet, da es sich um einen Tuffit, nicht um ein Ganggestein handelt, einen sicheren Beweis für oberflächennahe magmatische Tätigkeit in der nordalpinen oberjurassischen Geosynklinale.

5. Schlußfolgerungen

Wenn auch nicht jedem der angeführten Hinweise auf ein jurassisches Alter der Ehrwaldite einzeln eine volle Beweiskraft zukommen mag, so zwingen sie doch in ihrer Gesamtheit unbedingt zu dem Schluß, daß zumindest die allermeisten, wenn nicht alle Ehrwaldite schon im Laufe des höheren Juras intrudiert sind.

Eine gleich genaue Altersdatierung wie für den „Tuffit vom Engelstein“ ist leider nicht möglich, doch dürfte das Alter der Ehrwalditintrusionen ungefähr im Bereich des mittleren Malms liegen.

Durch seine zeitliche und räumliche Verknüpfung mit Geosynklinalsedimenten und durch seinen basischen Chemismus ist der Ehrwaldit als Glied des „initialen Magmatismus“ charakterisiert. Er bildet ein Analogon zu den „Ophiolithen“ des westalpinen Juras, wenn er auch im Ausmaß mit diesen kaum vergleichbar ist. Dieses Ergebnis stimmt mit der Annahme Cornelius’ (1941) überein.

Wir werden am Ende des nächsten Kapitels sehen, daß eine „tektonische Eignung“ der Jungschichtenzone für den Aufstieg des Ehrwalditmagmas nicht

die Folge der alpidischen Gebirgsbildung ist, wie die Mehrzahl der Autoren annahm. Die Jungschichtenzone wies vielmehr bereits im Jura, also zur Zeit des Geosynklinalstadiums, Besonderheiten gegenüber ihrer Umgebung auf, die in Einklang mit Ereignissen des initialen Magmatismus' zu bringen sind.

D. Zur Paläogeographie

Im gesamten Jura zeichnet sich im Bereich der „Jungschichtenzone" eine Schwellenregion ab.

Eine derartige Zone verminderter Meeresbodensenkung wird bereits im unteren Lias durch das Auftreten der Adneter Knollenkalke als Vertretern der Allgäuschichten deutlich.

Im weiteren Verlauf des Juras wird die Schwellenlage des Sedimentationsraumes durch eine auffällige Mächtigkeitsreduktion der Schichten belegt.

Die Mächtigkeit der Allgäuschichten nimmt von mehreren hundert Metern in der Lermooser Mulde über ca. 200 m am Ostrand des Ehrwalder Beckens bis zu 100 m an den Issental-Köpfen ab. Zitzlsperger (1960) nennt vom weiter östlich gelegenen Gebiet 150 bis 200 m.

Besonders gut zu beobachten ist die Abnahme der Mächtigkeiten der Radiolaritgruppe, der Bunten Aptychenschichten und des Biancone-Kalkes.

In Abb. 2 sind von allen guten Aufschlüssen des engeren Arbeitsgebietes die Mächtigkeiten dieses Schichtkomplexes in Profilsäulen dargestellt. Faltung und Hauptstörungen wurden rückgeformt, so daß ungefähre Maßstabstreue bezüglich des ursprünglichen Sedimentationsraumes besteht.

Dadurch wird erkennbar, daß im Gebiet der Ehrwalder Alm ein Minimum der Mächtigkeiten der Radiolaritgruppe, der Bunten Aptychenschichten und des Bianconekalkes liegt. Im Extremfall (nördlich des Rauhen-Kopfes) ist diese im Lehngrabengebiet noch über 100 m mächtige Sedimentfolge auf 5 m zusammengeschrumpft.

Am meisten leidet der Biancone unter der Mächtigkeitsreduzierung. Dies wird verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß er durch die Grünen Aptychenschichten vermutlich faziell vertreten werden kann. Es ist jedoch sicher, daß die Mächtigkeitsreduktion des Bianconekalkes nicht allein durch das bereichsweise frühere Einschwemmen tonigen Materials (Hauptkennzeichen der Grünen Aptychenschichten gegenüber dem Biancone) hervorgerufen wird.

Selbst die relativ hohen Mächtigkeitsziffern im NW des Untersuchungsgebietes bleiben hinter den Zahlen weit zurück, die Ampferer (1924) vom Blatt Lechtal der „Spezialkarte" angibt (bis 300 m).

Die geringe Mächtigkeit des Mittel- und Oberjuras hält am ganzen Südrand des Wettersteingebirges an, da nach Zitzlsperger (1960) der eben besprochene Schichtkomplex zwischen Feldernjöchl und Scharnitzjoch nie mehr als insgesamt 35 m erreicht.

Auch im Westteil der Karwendelmulde (Ulrich, 1960) ist die Mächtigkeit der gesamten Jura-Sedimente auf etwa 40 m reduziert.

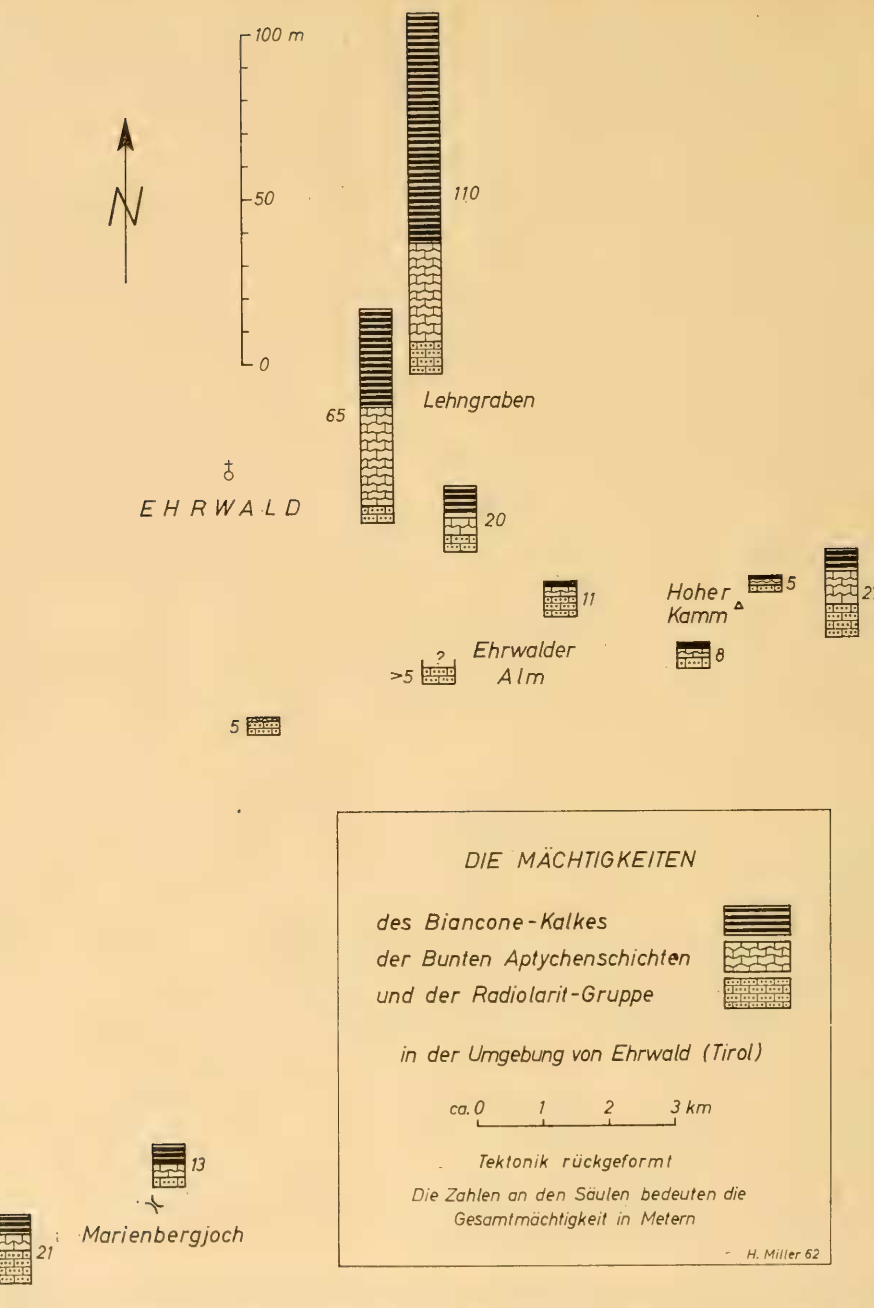


Abb. 2: Die regionale Verteilung der Mächtigkeiten der Radiolaritgruppe, der Bunten Aptychenschichten und des Biancone-Kalkes in der Westhälfte der Jungschichtenzone.

Wir können also festhalten, daß im Bereich der bayerisch-nordtiroler Fazies zwischen Fernpaßsenke und Achensee ein ausgeprägtes Minimum der Juramächtigkeiten im Streichen der Großstrukturen zu bemerken ist; nur die Mächtigkeit des hier Bianconekalk genannten Gesteins nimmt von der Mitte der Karwendelmulde ab nach E wieder stark zu, um am Ostende des Karwendels 800 m zu erreichen (ULRICH, 1960).

Am unmittelbaren Ostrand des Ehrwalder Beckens ist auch ein beiderseitiges Absinken der Juramächtigkeiten quer zum Streichen gegen die Mittelachse der „Jungschichtenzone" zu sehr deutlich. Die Erscheinung läßt sich leider nicht weiter nach E verfolgen, da hier die Jungschichtenzone auf ein relativ schmales Band zwischen den Triasklötzen des Wetterstein- und Mieminger Gebirges zusammenschrumpft.

Geringe Sedimentmächtigkeit eines Gebietes inmitten von Bereichen großer Mächtigkeitsentwicklung wird häufig ohne nähere Begründung durch die Annahme einer Schwellenlage des Sedimentationsraumes gedeutet. Eine Mächtigkeitsreduktion kann jedoch grundsätzlich auf verschiedene Ursachen zurückgehen:

1. auf besonders starke submarine Erosion, wie sie in Gebieten kräftiger Meeresströmungen auftritt,

2. auf chemisch-physikalische Bedingungen, die für die Ausfällung chemischer Sedimente ungünstig sind oder ihre Wiederauflösung verursachen,

3. auf mangelnde Zufuhr klastischer und gelöster Stoffe wegen weiter Entfernung des Sedimentationsraumes von der Küste,

4. auf Schwellenlage des Sedimentationsraumes.

Fall (1) kann für den Jura der „Jungschichtenzone" ausgeschieden werden, da Anzeichen für starke Meeresbewegungen fehlen.

Fall (2) und (3) sind unwahrscheinlich, da sich dann wohl ein deutlicher Faziesunterschied zwischen den Gebieten hoher und geringer Mächtigkeit zeigen müßte; dies ist aber nur an der Jura/Kreide-Grenze der Fall, wo die Grünen Aptychenschichten den Bianconekalk stellenweise vertreten können. Die auf ungünstige chemisch-physikalische Bedingungen oder mangelnde Stoffzufuhr zurückzuführende Mangelsedimentation im höheren Dogger und tieferen Malm ist regional im Alpenraum weit verbreitet und wird im betrachteten Bereich deutlich von dem hier den gesamten Jura andauernden Mächtigkeitsrückgang überlagert.

Folglich bleibt Fall (4), Schwellenlage des Sedimentationsraumes, als wahrscheinlichste Erklärung für die auffallend geringe Sedimentation übrig.

Die Existenz einer jurassischen submarinen Schwelle im Bereich der „Jungschichtenzone", d. h. eines Gebietes mit relativ zur Umgebung verringerter Meeresbodensenkung, gibt Anlaß zu Betrachtungen über die Ursache ihrer Entstehung und Ausdehnung.

Es fällt nämlich auf, daß die Verbreitung der Ehrwaldite an diese Zone geringer Mächtigkeit gebunden ist.

Es scheint, daß das Schwellengebiet der Jungschichtenzone eine Schwächezone im Streichen der Geosynklinale war, die einem nach dem Aufstieg aus dem Erdmantel innerhalb der Erdkruste weitgehend differenzierten (feldspatfreien!) juvenil-simatischen Magma (vgl. BORCHERT, 1960, S. 140) das Aufsteigen bis in

die Sedimenthülle, z. T. sogar bis zum Meeresboden ermöglichte. Es könnte durchaus sein, daß das Aufdringen des Magmenkörpers selbst eine Aufbeulung des Meeresbodens und damit die Schwellenbildung verursachte, wobei an den entstehenden Zugspalten der Ehrwaldit hochstieg. EHRENBERG & Gen. (1954, S. 216) halten die Möglichkeit der „Entstehung einer epirogenen Schwelle durch das Aufsteigen eines Magmenkörpers" auf Grund eingehender Untersuchungen im Gebiet der „Meggener Schwelle" (Mitteldevon des Sauerlandes) für erwiesen.

Damit fügt sich die Entstehung des Ehrwaldits, dessen jurassisches Alter im vorhergehenden Kapitel nachgewiesen wurde, zwanglos in das Bild der allgemeinen Entwicklungsgeschichte des besprochenen Meeresraumes ein.

Schriftenverzeichnis

AMPFERER, O., 1905a: Einige allgemeine Ergebnisse der Hochgebirgsaufnahme zwischen Achensee und Fernpaß. — Verh. k. k. geol. R.-A. 1905, 118—125. Wien.

AMPFERER, O., 1905b: Geologische Beschreibung des Seefelder, Mieminger und südlichen Wettersteingebirges. Jb. k. k. geol. R.-A. **55**, 451—562, Taf. 12—14. Wien.

AMPFERER, O., 1914: Besprechung mit O. Schlagintweit, K. Ch. v. Loesch und H. Mylius über das Wettersteingebirge. — Verh. k. k. geol. R.-A. 1914, 338—352. Wien.

AMPFERER, O., 1924: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Lechtal. — 1—55. Wien (Geol. Bundesanstalt).

AMPFERER, O., 1932: Erläuterungen zu den geologischen Karten der Lechtaler Alpen. — 1—125, 25 Taf. Wien.

AMPFERER, O. & OHNESORGE, TH., 1924: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Zirl—Nassereith. — 1—68. Wien (Geol. Bundesanstalt).

ARKELL, W. J., 1956: Jurassic Geology of the World. — 1—806, 46 Taf. New York (Hafner).

ARLT, H., 1911: Die geologischen Verhältnisse der östlichen Ruhpoldinger Berge mit Rauschberg und Sonntagshorn. — Landeskundl. Forsch. **12**, 1—50 (Mitt. geogr. Ges. München **6**, 337—385), 1 Karte. München.

BESLER, W., 1959: Die Jurafleckenmergel des Tannheimer Tales (Außerfern, Tirol). — Jb. geol. B.-A. Wien **102**, 407—460, Taf. 14. Wien.

BÖGEL, H., 1958: Zur Geologie des Gebietes zwischen Puitental und Bucher-Sattel im Süden des Wettersteinhauptkammes (Tirol). — Unveröff. Dipl.-Arb., 1—35. TH München.

BÖGEL, H., 1960: Der geologische Bau des Wettersteingebirges und seiner Umgebung. — Jb. D.A.V. **85**, 20—27. München.

BORCHERT, H., 1960: Zusammenhänge zwischen Lagerstättenbildung, Magmatismus und Geotektonik. — Geol. Rdsch. **50**, 131—165. Stuttgart.

CATHREIN, A., 1890: Über den sogenannten Augitporphyr von Ehrwald. — Verh. k. k. geol. R.-A. 1890, 1—9. Wien.

CORNELIUS, H. P., 1941: Zur magmatischen Tätigkeit in der alpidischen Geosynklinale. — Ber. Reichsst. Bodenforsch. Wien 1941, 89—94. Wien.

CORNELIUS, H. P., 1951: Zur Frage der Absatzbedingungen der Radiolarite. — Geol. Rdsch. **39**, 216—221. Stuttgart.

DHEIN, A., 1944: Geologie der Alpenrandzone zwischen Marquartstein und Bergen in Oberbayern. — N. Jb. Mineral., Geol. u. Paläont., Abh. B **88** (1943), 176—228, Taf. 19—22, 2 Beil. Stuttgart.

DOBEN, K., 1962: Paläontologisch-stratigraphische und fazielle Untersuchungen an der Jura/Kreide-Grenze in den bayerischen Kalkalpen zwischen Inn und Salzach. — 1—97, 2 Taf., Diss. Univ. München.

Eder, W., 1925: Das Heuberg-Gebiet und sein Vorland. — N. Jb. Mineral., Geol. u. Paläont., Beil.-Bd. **52B**, 1—70, Taf. 1—2. Stuttgart.

Ehrenberg, H., Pilger, A. & Schröder, F., 1954: Das Schwefelkies-Zinkblende-Schwerspatlager von Meggen (Westfalen). — Beih. geol. Jb. **12**, 1—352, 29 Taf. Hannover.

Grunau, H. R., 1959: Mikrofazies und Schichtung ausgewählter, jungmesozoischer, Radiolaritführender Sedimentserien der Zentralalpen. — 1—179, 11 Taf. Leiden (Brill).

Gümbel, C. W., 1856: Beiträge zur geognostischen Kenntnis von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. — Jb. k. k. geol. R.-A. **7**, 1—39. Wien.

Gümbel, C. W., 1861: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. — 1—950, 42 Taf. Gotha (Perthes).

Haber, G., 1934: Bau und Entstehung der bayerischen Alpen. — 1—206. München (Beck).

Hahn, F. F., 1911: Neue Funde in nordalpinem Lias der Achenseegegend und bei Ehrwald. — N. Jb. Mineral., Geol. u. Paläont., Beil.-Bd. **32**, 535—577, Taf. 20—21. Stuttgart.

Hauer, F. v.: 1853, Über die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen. — Jb. k. k. geol. R.-A. **4**, 715—784. Wien.

Huckriede, R., 1959: Trias, Jura und tiefe Kreide bei Kaisers in den Lechtaler Alpen (Tirol). — Verh. geol. B.-A. Wien 1959, 44—91. Wien.

Jacobshagen, V., 1959: Zur Stratigraphie und Paläogeographie der Jura-Fleckenmergel im südöstlichen Allgäu. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. **87**, 208—226. Wiesbaden.

Jacobshagen, V., 1961: Der Bau der südöstlichen Allgäuer Alpen. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh. **113**, 153—206. Stuttgart.

Jacobshagen, V., 1962: Die Allgäuschichten zwischen Wetterstein-Gebirge und Rhein. Eigenreferat. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. **44**, S. VI. Stuttgart.

Klebelsberg, R. v., 1935: Geologie von Tirol. — 1—872, 1 Karte, 11 Beil. Berlin (Borntraeger).

Kockel, C. W., Richter, M. & Steinmann, H. G., 1931: Geologie der Bayrischen Berge zwischen Lech und Loisach. — Wiss. Veröff. D. u. Ö. A.V. **10**, 1—231, 1 Karte, 1 Prof.-Taf., 17 Taf. Innsbruck.

Leuchs, K., 1927: Geologie von Bayern. 2. Teil: Bayrische Alpen. — 1—374, 20 Taf. Berlin (Borntraeger).

Miller, H., 1962a: Zur Geologie des westlichen Wetterstein- und Mieminger Gebirges (Tirol). (Strukturzusammenhänge am Ostrand des Ehrwalder Beckens.) — 1—118, 19 Taf., 3 Beil. Diss. Univ. München.

Miller, H., 1962b: Der Bau des westlichen Wettersteingebirges. — Z. deutsch. geol. Ges. **113** (1961), 409—425. Hannover.

Miller, H., 1963: Die tektonischen Beziehungen zwischen Wetterstein- und Mieminger Gebirge (Nördliche Kalkalpen). — N. Jb. Geol. Paläont., Abh. (im Druck, erscheint voraussichtlich 1963).

Mutschlechner, G., 1954: Die Massengesteine der Nordtiroler und Vorarlberger Kalkalpen. — Tschermaks mineral. u. petrogr. Mitt. 3. F. **4**, 386—395. Wien.

Niggli, P., 1952: Gesteine und Minerallagerstätten. — 2. Bd.: Exogene Gesteine und Minerallagerstätten. — 1—557. Basel (Birkhäuser).

Nöth, L., 1926: Der geologische Aufbau des Hochfelln-Hochkienberg-Gebietes. — N. Jb. Mineral. Geol. u. Paläont., Beil.-Bd. **53B**, 409—510, Taf. 10—11. Stuttgart.

Pia, J., 1930: Grundbegriffe der Stratigraphie mit ausführlicher Anwendung auf die europäische Mitteltrias. — 1—252. Leipzig und Wien (Deuticke).

Pichler, A., 1866: Beiträge zur Geognosie Tirols. Jb. k. k. geol. R.-A. **16**, 501—504. Wien.

Pichler, A., 1875: Beiträge zur Geognosie Tirols. — N. Jb. Mineral., Geol. u. Palaeont. 1875, 926—936. Stuttgart.

Quenstedt, W., 1951: Geologische Exkursion in das Achental-Gebiet (Tirol). — Geologica Bavarica **6**, 55—64. München.

Reis, O. M., 1911: Erläuterung zur Geologischen Karte des Wettersteingebirges. — Geogn. Jh. **23** (1910), 61—114. München.

Reiser, K., 1922: Geologie der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. 1. Teil. — Geogn. Jh. **33** (1920), 57—198, 1 Karte. München.

Richter, M., 1928: Ein neues Vorkommen von Diabasen im Karwendel. — Verh. geol. B.-A. Wien 1928, 117—120. Wien.

Richter, M., 1937: Die deutschen Alpen und ihre Entstehung. — 1—179. Berlin (Borntraeger).

Richthofen, F. v., 1859: Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nord-Tirol. — Jb. k. k. geol. R.-A. **10**, 72—137, Taf. 2—3. Wien.

Schindewolf, O. H., 1944: Grundlagen und Methoden der paläontologischen Chronologie. — 1—139. Berlin (Borntraeger).

Schindewolf, O. H., 1956: Tektonische Triebkräfte der Lebensentwicklung? — Geol. Rdsch. **45**, 1—17. Stuttgart.

Schneider, H.-J., 1953: Der Bau des Arnspitzstocks und seine tektonische Stellung zwischen Wetterstein- und Karwendelgebirge. — Geologica Bavarica **17**, 17—55, Taf. 1. München.

Schröder, J., 1925: Die jurassischen Fleckenmergel der bayrischen Alpen. — N. Jb. Mineral., Geol. u. Paläont., Beil.-Bd. **52B**, 214—283. Stuttgart.

Spengler, E., 1951: Die nördlichen Kalkalpen, die Flyschzone und die Helvetische Zone. — In: Schaffer, F. X., Geologie von Österreich, 302—413. Wien (Deuticke).

Trauth, F., 1938: Die Lamellaptychi des Oberjura und der Unterkreide. — Palaeontographica **88A**, 115—229, Taf. 11—14. Stuttgart.

Trauth, F., 1950: Die fazielle Ausbildung und Gliederung des Oberjura in den nördlichen Ostalpen. — Verh. geol. B.-A. Wien 1948, 145—218, Taf. 1—3. Wien.

Tröger, E., 1935: Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. 1—360. Berlin (Deutsche Mineral. Ges.).

Trommsdorff, V., 1962: Über Lamprophyre aus den nördlichen Kalkalpen (Ehrwaldit). — Tschermaks mineral. petrogr. Mitt. 3. F. **8**, 281—325. Wien.

Trusheim, F., 1930: Die Mittenwalder Karwendelmulde. — Beiträge zur Lithogenesis und Tektonik der nördlichen Kalkalpen. — Wiss. Veröff. D. u. Ö. A.V. **7**, 1—69, 1 Karte, 8 Taf., Innsbruck.

Ulrich, R., 1960: Die Entwicklung der ostalpinen Juraformation im Vorkarwendel zwischen Mittenwald und Achensee. — Geologica Bavarica **41**, 99—151, 1 Beil. München.

Zacher, W., 1962: Zur tektonischen Stellung der Vilser Alpen. — Z. deutsch. geol. Ges. **113** (1961), 390—408. Hannover.

Zitzlsperger, L., 1960: Zur Geologie des Gebietes südlich des Wetterstein-Hauptkammes zwischen Gatterl im Westen und Roßberg im Osten (Tirol). — Unveröff. Dipl.-Arb., 1—56, Inst. Geol. TH München.